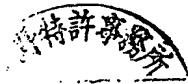


引用非特許文献



20.1.22

交付

特許出願の番号 特願2003-097593
作成日 平成20年 1月10日
作成者 松浦 陽 3752 3U00
発明の名称 移動ロボット制御装置、移動ロボット制御方法及
び移動ロボット制御プログラム

対話型高齢者支援システムの設計と試作
～ペットロボットの振舞いに対する反応の評価～大野 彩子¹ 安村 通晃²

A Prototype System Design and Implementation of an Interactive Supporting System

for Senior Persons

～Evaluation of Response to a Pet Robots' behaviors～

Saiko Ohno¹ Michiaki Yasumura²

Abstract -

We propose a new method of providing the elderly with a computer mediated exercise support system. It could guide them to self-motivated exercises such as walking by using a "Pet Robot" as an interface. In this paper, we have described the proposed concept of inducing an user's spontaneous but desired actions as secondary side reactions to the system's messages whose true intentions were not conspicuous. A survey had been conducted to find out how well the intended purposes of pet robot's actions and actual, subjective interpretation of them by older and healthy individuals agree. Additionally, a survey had been conducted to evaluate the affinity toward robot's actions. Through these experiments and surveys, this research had proposed a design principle of a system which efficiently utilizes pet robot as a part of an assistive training system for elderly which can be easily, despite the fact that pet robots are commonly considered as nothing useful.

Keywords : Elderly, Supporting System, Pet Robots, Embodied Interaction, Subjective Evaluation

1. はじめに

近年、本格的な高齢社会を迎えるにあたって高齢者の健康維持とリハビリテーションへのニーズが高まっている。社会的なインフラ面、技術面での支援環境整備が進められているが、従来の技術的な支援システムでは一般に新しい技術への適応が難しいという高齢者の特性を考慮したものは少ない。また、支援システムとのインターラクション方法がユーザーにとって必ずしも直感的なものではないため、積極的に、あるいは謀略的に利用されにくいという問題も指摘されている[1]。高齢者の健康維持活動を支援するには、高齢者が積極的にシステムを利用するための動機付けが必要である。また、その実現のためには高齢者自身の日常の生活環境に適応し、かつ高齢者が自発的に興味を示すシステムを提供していくことが強く求められる。

本研究では、ペットロボットを高齢者支援システムのインターフェースとして用いることにより、高齢者ユーザーの想像力を刺激し彼らが自発的に身体を動かす動機付けを与える方法を提案する。本稿では、まず研究のコンセプトについて説明し、具体的な提案システムとして筆者たちが提案しているペットロボットを用いた対

話型心拍トレーニング支援システムについて述べる。また、今回ペットロボットの振舞いの設計指針を明らかにするため、実・ユーザーである高齢者を被験者に含んだ基礎実験おこなったのでその結果を報告する。

2. コンセプト

人間のパートナーとなることを目指して登場したペットロボットを高齢者支援に活用する試みは産業界にも見られるが[2][3]、その多くは外見の可愛らしさによる精神的な癒し効果を狙ったものである。我々は、外見上の特性だけでなくペットロボットのもう一つ「身体性」にも着目し、インターラクションを通じて高齢者ユーザーの身体的な行為を誘発することを目指している。情報による支援しかできないコンピュータソフトウェアに対して、ロボットのような身体性をもつエージェントは物理的支援が可能である。そこで、徒歩トレーナーがおこなっている役割をロボットに代行させる、あるいは手助けせることが考えられる。しかし、人間はロボットに命令をしたり追従したりすることに違和感を抱きやすいことが指摘されており[4][5]、システムを継続的に利用してもらうためには、ユーザーとロボットとの円滑なインターラクションを実現するための適切な工夫が必要となる。

2.1 間接的な要求の伝達

図1に示すように、ロボットが人間にある要求を伝える手段には、「命令」「依頼」「希望」などがある。

¹: 産業能率大学人文学部、教養・メディア研究科²: 産業能率大学 環境情報学部¹: Graduate School of Media and Governance, Keio University²: Faculty of Environmental Information, Keio University

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

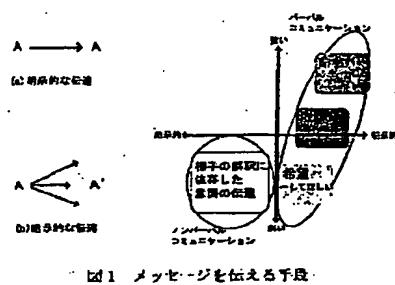


図1 メッセージを伝える手段

その強さの度合いは様々だが、あらかじめ両者が非有できる明示的なサインを定義しておき、それをやりとりするという点では同じである。明示的なサインとしては最も多く用いられるのは言語情報であろう。この場合、メッセージ[A]は正確に伝わるが(図1-(a))、直接指示を受けるため人間側からみるとインタラクションの主導権はロボット側にあると感じやすい。これに対し、例えば身振りや表情などの暗示的なサインによって間接的にメッセージを伝えるという手法があり、人間的コミュニケーションではこちらのほうが頻繁に用いられる。また言語情報を持たない赤ん坊やペットなどはこのようにして要求を伝え、円滑なインタラクションを成立させている。この場合メッセージ[A]は暗味なメッセージ[A']として伝わり(図1-(b))、その解釈は受け手に委ねられている。要求の伝達方法として確実性は低くなるが、受け手が主体的にインタラクションに囲われるため、主導権は運動的なものであるという印象を得やすい。本研究ではこの点に着目し、ロボットの中でも親しみやすい外観をもつペット型のロボットを用いて、振舞いや鳴き声などで間接的に人間にメッセージを伝える手法を積極的に取り入れることにした。

2.2 副次的な行為の誘発

ユーザーとペットロボットとの円滑なインタラクションを実現するためには、ユーザーが慣習的にペットロボットに囲わろうとする姿勢を引き出す必要がある。しかし高齢者の健康維持活動を支援するシステムが必要とする要求には、血圧や心拍数の調整や筋力増強のための振り返し運動など、日常的なコミュニケーションの中では見られることが多い(あるいは好んで行われない)行為が含まれることが多い。

そこで我々は、支援システム側の莫の要求[A]を、実社会でも見られるような仮の要求[B]に変換する手法を提案する。図2に示すように、[A]を仮の要求[B]に置き換え、前述した身振りや鳴き声などの間接的な方法で人間側に送る。[B]はペットとのやり取りで見

られるような要求なので、サインを解釈しようとする人間の力を活かすことができる。受け手は[B]を[B']として解釈しこれに応じた行為を送る。このとき送された行為が[A]の範囲にあれば、順次的に要求が満たされたということになりシステム側も支援システムとしての機能を果たすことができる。

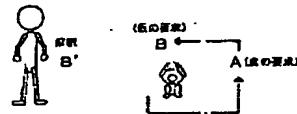


図2 副次的な行為の誘発

本研究では以上のコンセプトを実現するものとして、ペットロボットとの身体的なインテラクションを通じて適切な運動プログラムを構成するという課題を設定し、散歩中に高齢者の身体的な行為を誘発する支援システムを提案する。

3. ペットロボットを用いた高齢者支援システム

本システムは、散歩中のユーザーの心拍数に基づきペットロボットの動作を変化させることによって、トレーニングに適した歩行状態を説明するものである。本システムは、一般に広く普及しているマフィン理論¹⁴に基づく「心拍トレーニング」を採用したもので、ペットロボットとの散歩を通じて、歩く意識させることなく実際に適切な心拍トレーニングを誘発することを目指している。

本システムの利用イメージを図3示す。ペットロボットの振舞いや鳴き声などをインタラクションの手段として導入し、ペットと散歩をする際に観察されるような日常的な動作からユーザーの自発的な行為を誘発

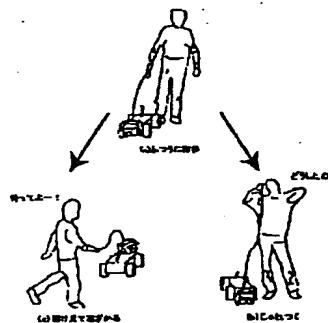


図3 利用イメージ

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

する。例えばベットを散歩をしている途中にベットがじやれつくような動作をすると、飼い主の歩調は自然に遅くなったり、立ち止まって手をしてあげたりするものである。そこで、(a)ベットロボットとぶつちに散歩している際に、(b)じやれつく動作を見せるこことによってユーザーの歩調を遅くすることができる。逆に、(c)駆け足で遠ざかる動作を見ることによって、ユーザーの歩調を速めさせることもできる。このようにしてユーザーの運動強度を自然な形で制御し、効果として効果的な運動プログラムを構成することができる。本システムの特徴を以下にまとめる。

- ・ベットロボットの行動形態、行動強度に対する受け手側の解釈を手がかりとして、ユーザーの自発的なインタラクションを誘発する
- ・ユーザーの心拍数計測に基づいて心拍トレーニングに適した歩行速度が構成されるよう、ベットロボットの行動パターンを制御する

4. 設計と試作

筆者らはこれまでに、提案するシステムの実現に向け部分的なプロトタイプの試作と評価をおこなっている^{1,2,3}。プロトタイプシステムの構成を図4に示す。

室内でおこなった実験から、ベットロボットのパフォーマンスに対する歩行速度の調整によって、心拍トレーニングに適した心拍数変動を引き出せることを確認した。また、被験者に対するアンケート調査から、従来型のトレーニング支援システムと比較してベットロボットのような実空間に存在するインターフェースはユーザーの興味をひきやすく、インテラクションによってユーザーをより積極的にする可能性が高いということを確認した。

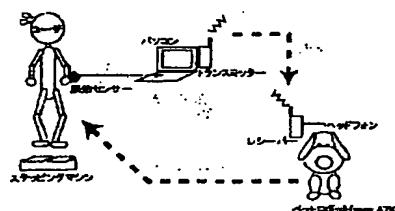


図4 プロトタイプシステム構成図

これらの結果をふまえ、今回はベットロボットの嵌合をいかに設計すべきかを検討する。本研究で提案するシステムでは、狙いどおりの行為を次次的に誘発することができるかどうかは、ベットロボット側から

の暗示的なメッセージをユーザーがどのように解釈するかに依存している。さらにその際、ベットロボットに対する親和性を損なうことなくインテラクションを実現することが求められる。

その設計指針を明らかにする基礎的実験として、ユーザー対象としている比較的健康な高齢者を被験者とし、ベットロボットの振舞に対するユーザーの主観的解釈の一貫性を検証した。また、バーバル・ノンバーバルなベットロボットの振舞い方法が親和性にどのような影響を与えるかを調べた。

5. 実験 I : ユーザの主観的解釈の評価

実際にベットロボットを用いて4種類の感情を表現するパフォーマンスを設計し、設計者の意図とユーザーの主観的解釈がどの程度一致するかを検証した。

ベットロボットにはAIBO ERS-111(Sony製)を利用し、各パフォーマンスはAIBO Performer(Sony製)で作成した⁴。音声には動物の鳴き声を収集したものを用いた。パフォーマンスの内容は、「じやれつく(P1)」「迷路そうに立ち止まる(P2)」「振り向いて歩ます(P3)」「元気が余っている(P4)」の4種類で、それぞれ「ぼくと遊んで欲しいな」「迷路だな」「だめだめ、もっと早く来れ」「よし、元気良く歩くぞ」という感情を表現するように設計している(表1)。

表1 パフォーマンスとメッセージ	
パフォーマンス	メッセージ
P1	じやれつく ぼくと遊んで欲しいな
P2	迷路そうに立ち止まる 迷路だな
P3	振り向いて歩ます だめだめ、もっと早くきて
P4	元気が余っている よし、元気良く歩くぞ

5.1 実験 I-a

予備実験として、4種類のパフォーマンスがそれぞれ示していると思われる感情を制限選択法で選択してもらい、その正答率を算出した。被験者は、70歳～80歳代の健康な高齢者男女4名と、20歳代の大学院女子学生2名の合計6名である。なお、ベットロボットに初めて触れる被験者に対しては、実験前に実際に触れて慣れてもらうよう留意した。これは、ベットロボットに対する物珍しさや心理的抵抗感が与える影響をできる限り低減するためである。

5.2 方法・手順

P1,P2,P3,P4を見せた後、それぞれのパフォーマンスが表現していると思われる感情を設計者が意図した4つのメッセージ(表1参照)の中から選択してもらった。実験の様子を図5に示す。

1:当初、AIBO開発グループはAIBOを「未知の動物」として製品化したが、一般的にはERS-111は大型ロボットとして広く認知されているので、本研究ではこれを大型ロボットとして扱うものとする。

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権者等とならないよう十分にご注意ください。



図5 実験の様子

5.3 結果

各パフォーマンスに対する正答率を以下に示す。

- P1：じやれつく：83 %
- P2：追肥そうに立ち止まる：67 %
- P3：振り向いて駐ます：100 %
- P4：元気が有り余っている：83 %

P2を強くパフォーマンスについて、8割以上の高い確率で設計者側が伝えようとしたメッセージとユーザーの主観的解釈が一致した。

5.4 実験 I-b

それぞれのパフォーマンスから受ける印象について、SD(Semantic Differential)法を用いて評価をおこなった。被験者は高齢者層(老人福祉センターのスポーツサークルに所属する60~70歳代の健常な高齢者男女11名)及び青年層(20歳代の大學生男女8名)の男女19名である。

5.5 方法・手順

P1, P2, P3, P4を見せた後、それぞれのパフォーマンスから受ける印象についてアンケートに答えてもらった。アンケートは、各パフォーマンスに対する印象について10項目の形容語を用い7段階で評価するものである。

5.6 結果

評定データは主因子法により因子分析し、ヴァリマックス法により回転した。結果を図6に示す²。

結果から各パフォーマンスにおけるイメージを測定した。各パフォーマンスにおいて抽出されたイメージを、以下に示す。

■ P1: じゅれつく

第1因子として、積極的な、元気な、力強い、すろどい、新しい、活動的な、が抽出され、ペットロボットが能動的に働きかける「じやれつき」のイメージに当がると言える。しかし「かわいらしさ」や「純粋さ」など、じやれつきを表す感性的な因子は第2因子になつておらず、設計者の意図とは完全には一致しなかつた。

2: 絶対値が 0.55 以上のものを抽出した。ここでは第 2 因子までの結果を表示し、他の小数点第 3 位以下は省略する。

- P2: 退屈そうに立ち止まる

第1因子として、興奮した、すばやい、説得的な、元気な、慌てた、力強い、忙しい、するどい、が抽出され、退屈そうなイメージとは逆の結果が出た。P1と試験に、設計者側が意図したイメージは第2因子に挙がってきてている。

• P3：振り向いて戻ます

第1因子として、興奮した、積極的な、活動的な、
悦てた、変換された、忙しい、が抽出され、興奮
して盛まさイメージに繋がると答える。特に、他
のパフォーマンスでは上位に挙がらなかつた「点
綴された」因子が第1因子に挙がつてゐる点は注
目に値する。

• P4: 元気が有り余っている

第1因子として、積極的な、純粋な、すばやい、元気な、するどい、活動的な、頼もしい、陽気な、力強い、が抽出され、方動性や依存性を表わす因子で占められている。ベットコボットの元気なイメージが最も明快に伝わったものと推測できる。

図6 SD 法による因子分析

5.7 寄數

実験1-aで最も正答率の低かったパフォーマンス「追丽そうに立ち止まる」では、実験1-bにおいても設計者の意図とは全く逆の忍子が抽出された。また「じやれつく」では「かわいらしさ」や「純純さ」などを表わす感性的な因子が第1因子にに挙がらず、設計者の意図が部分的にしか解釈されなかつた。その他のパフォーマンスについては、ほぼ設計者の意図に結びつくイメージが選定された。また、すべてのパフォーマンスに対して動的なイメージが強く選定されたことは注目に値する。これらの結果から、振舞いによって何らかのメッセージを伝えるためにペットコボットのパフォーマンスを設計する際は、静的な印象を与えるのは困難であることがうかがえる。その原因として、

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

ペットロボットのような人工物が自の前で「動く」ということに対する驚きから、普段の感覚に比べて動的な印象を与えられやすいのではないかと考えられる。今後ペットロボットのパフォーマンスを設計する際には、特に静的な動作を強調する工夫が必要である。

6. 実験Ⅱ：親和性への影響

ペットロボットの同じパフォーマンスに対して「動作のみ」「動作と動物の鳴き声」「動作と合成音声による命令文」の3つを設計し、バーバル・ノンバーバルな振舞い方法から受けける親しみやすさについて主観評価をおこなった。また、被験者は若年者層と高齢者層にわけ、高齢者層にとってより親和性の高い振舞い方法を検討した。

6.1 方法・手順

実験Ⅰと同じペットロボットには AIBO ERS-111(Sony 製)を利用して、振り向いて座ります(P3)、パフォーマンスに対して、動作だけおこなう[P3-a]、動作に本物の動物の鳴き声を加えた[P3-b]、動作とともに「だめだめ、もっと早く歩いて」という合成音声が出力される[P3-c]の3つを用意した。

P3-a, P3-b, P3-c の3種類のパフォーマンスを見せたあと、それぞれの親しみやすさを「非常に親しみにくい(1点)」「親しみにくい(2点)」「ふつう(3点)」「親しみやすい(4点)」「非常に親しみやすい(5点)」の5段階で評価するアンケート調査をおこなった。被験者は若年者層は20歳代の大学生男女6名、高齢者層は60歳～80歳代の健常な高齢者男女10名である。

6.2 結果

5点評価法による親しみやすさの平均値の結果を、表2に示す。

表2 5点評価法による親しみやすさ(平均)

	若年者層	高齢者層	全体
P3-a:動作のみ	3.7	3.8	3.8
P3-b:動作+動物の鳴き声	4.8	3.6	4.1
P3-c:動作+合成音声	1.7	3.6	2.9

全体としては「動作と動物の鳴き声」の振舞い方法が最も親和性が高い。これを年代別に見てみると若年者層では「動作と動物の鳴き声」がかなり高く支持されているが、高齢者層では評価に大きな差がみられなかった。また、図7に示すように、若年者層では「動作と合成音声による命令文」というバーバルな振舞いに対する違和感が頗るに現れたが、高齢者層ではこの傾向は全く見られなかった。

6.3 考察

高齢者層では3つの振舞い方法に対する親和性の差は甚が小さい。しかし若年者層には違和感を与える「動作と合成音声による命令文」というバーバルな振

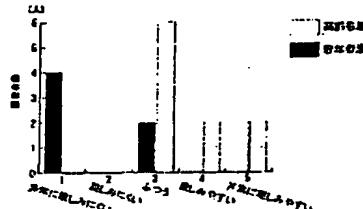


図7 「動作と合成音声による命令文」

舞いに対しても、高齢者層は、ふつう、あるいは親しみやすいと評価している点は注目に値する。このことは、ペットロボットを高齢者支援のインターフェースとして立てる際には、バーバルなコミュニケーション方法を用いても親和性を損なわない可能性を示唆している。そこで、将来的な展望として交流の長さに従つて段階的に親和性を高めていくことを検討したい。例えば、インクラクション開始時においては自然言語によって明示的なメッセージをユーザーに伝え、徐々に動作のみで暗示的にメッセージを伝えるようとする。つまり、時間経過に従つて解釈をユーザーに委ねるよう切り替えていく、段階的に両者の協調的インタラクションを構成していくというので、これは、システムの継続的な利用にも寄与するものと考える。

7. 関連研究

人間の生活の中に共存することを目指したロボットの研究開発は現在も発展中であり、今後ペットロボットのようなバーバルなロボットが人間にとてきらに身近な存在になる可能性は大きい。

Nassらの研究では、ロボットを含むメディアに対して人間が擬似的な対人行動をとることが実証されている。また岡田らは、ペットロボットとの身体的インタラクションを通じてロボットとの間に社会的な相互行為を生起できる可能性について言及している[1]。AIBOの開発を担当した藤田は、ペットロボットの仕草や形態からユーザーに愛着心を生じさせると、ロボットの行動に対する論理的な理由付けをするようになると指摘している[11]。本研究では、高齢者のトレーニングを支援するという課題を設定し、上記のようなロボットからの暗示的メッセージに對し人間が能動的な対応をおこなうという事象を積極的に利用することに着眼を置いている。

「身体生」をもつロボットを用いて人間の行為を誘発するというアプローチとして、遊びならではのユーチューブ音声に基づいてうなづき・手振り・身振りなど豊かな身体動作を自動生成し、聞き手および話し手としてコ

ミュニケーションを実現するロボット InterRobot を試作し、引き込みによって対話者相互の身体性が共有できることを示している [12]。また坂本らは、うなずきや首振りなどの行為や視線方向の制御に加えて、人間の発した音声を非文脈音に変換して反説的指揮をおこなう対話インクルース Muu を実装し、これが人間にアクティブな影響を与えることを実証している [13]。本研究では、新しい感覚や機器に適応するのが困難であるという高齢者の特性をみ生え、「ペットとの散歩」という既定された場面で見られる動作をインタラクションの手段として導入している。これによりインタラクション自体に必然性を持たせ、高齢者が積極的に興味を示すシステムを提供することを目指している。

8. 今後の課題と展望

本システムはペットロボットが人間と共に屋外を散歩できることを前提としている。現状のペットロボット技術ではアクチュエーターの性能や外界認知技術が不充分であり、人間との歩行を実現するためにはブレーキスルーを必要とする課題が多くある。本研究で提案したシステムはこれらを解決する技術が統合することによって実用化が可能となる。そのため現時点では、部分的なプロトタイプの試作と実ユーザを対象とした調査をおこないながら、システムのあるべき姿を積みしていくという手法をとらざるを得ない。

今回の実験では、ペットロボットの振舞いの設計手法に関して理論的なアルゴリズムを分析するには至らなかったが、振舞いから受け手が感じたイメージを具体的な形容語を用いて測定し、動的動作に関してはイメージを伝えやすいという見を得た。今回は振舞いを眺めることでのみ評価をおこなったが、メッセージのやり取りや解説においては接触コミュニケーションも大きな影響を与えることが考えられ、今後は力学的な接触反応に対する評価もおこないたい。

また今回明らかになったペーパル・ノンペーパルな振舞いに関して被験者の年齢層により親和性の影響が異なるという点に着目し、今後これをうまく利用したシステムの設計を検討していきたい。具体的には、メッセージの伝達方法を、交流の長さに従ってペーパルコミュニケーションからノンペーパルコミュニケーションへと切り替える、段階的にインタラクションを協調させていく手法などを考えている。

9.まとめ

実験を通じて、ペットロボットの動作を設計する側の意図とユーザの主観的解釈の一貫性を SD 法を用いて検証し、動的・静的なイメージを設計する際の一つの指標を提示することができた。また実際に元気な高

齢者が被験者に含め、ペーパル・ノンペーパルなペットロボットの振舞いによる親和性の影響を調査した。高齢者との比較をおこない、システムを高齢者に適用する際のあるべき姿について検討した。これらの実験を通じて、これまで特に役に立つモノではないとされてきたペットロボットを、高齢者にとって使いやすく利用できる支援システムとして提供する有効な設計指針を明らかにした。

謝辞

ブレトタイプシステムの試作に関してご協力頂いた同研究室の越口文人氏に感謝致します。また、実験にご協力頂いた被験者の方々に感謝致します。

参考文献

- 1] 伏坂良賀：高齢者向け情報システムのマン-マシン・インターフェースについての一考察, 人間工学, 第29卷特別号, pp.264, (1993).
- 2] 岩田治郎：人の心を鍛えるメンタルコミュニケーションロボット, 日本ロボット学会誌 17-7, pp.943-946, (1999).
- 3] 山本信司, 水谷研治：高齢者コミュニケーション支援システムの開発, 日本ロボット学会誌, Vol.18, No.2, pp.192-194, (2000).
- 4] 今井信太, 江谷み之, 小野哲雄：ロボットとの出会いから、人の出会いへ～擬人化コミュニケーションを用いたロボットインターフェース～, 计測自動制御学会第14回ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集, pp.743-748, (1998).
- 5] 山本吉伸：ロボットから人間への伝頃, 月刊吉伸, Vol.23, No.6, pp.50-57, (1994).
- 6] P.Maffettone, 中尾祐次：筋肉的エアロビックトレーニング『マッフェン理論』で強くなる!, ランナーズ, (2000).
- 7] 大野裕子, 越口文人, 安村道光：電子ペットを用いた対話型人形トレーニング支援システムの実験, ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集, pp.61-64, (2000).
- 8] 人野裕子, 越口文人, 安村道光：電子ペットを用いた対話型心拍トレーニング支援システム, 日本ソフトウェア学会会員インタラクティブシステムとソフトウェア Vol.237-238, (2000).
- 9] B.Roeeen,C.Nass : The Media Equation, Cambridge University Press, (1996).
- 10] 岡正義智男 : Talking Eye : 言話する「身体」を創る, システム/情報/制御, Vol.14, No.8, (1997).
- 11] 藤田雅博 : ロボットエンターテイメントと人間知能, 人工知能学会誌, 16卷3号, pp.399-405, (2001).
- 12] T.Watanabe, M.Okubo and H.Ogawa: An Embodied Interaction Robots System Based on Speech, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.12 No.2, pp.126-134, (2000).
- 13] 坂本彰司, 岩本紀子, 岩田治郎 : 時間構造を有する行動記述系とその会話システムへの適用, 日本ソフトウェア学会会員インタラクティブシステムとソフトウェア Vol.18-26, (2000).